

調理システムの違いによる食品のにおいへの影響 ～インカートクッキングシステムとクックサーブの比較～

樽井 雅彦^{*}・窪田 翔一^{*}・松田 衣里加^{*}・吉田 芽生^{*}・伊佐 公男^{*}・下村 昭夫^{**}・中村 薫^{***}

仁愛大学人間生活学部^{*}・下村漆器店^{**}・神戸大学サイエンスショップ^{***}

Effect of cooking systems on odor of foods

— (Compararion of) In-cart cooking system and cook serve system —

Masahiko TARUI^{*}, Sho-ichi KUBOTA^{*}, Erika MATSUDA^{*}, May YOSHIDA^{*}, Kimio ISA^{*},
Akio SHIMOMURA^{**}, and Kaoru NAKAMURA^{***}

^{*} Faculty of Human Life, Jin-Ai University ^{**} Shimomura lacquerware shop ^{***} Science shop, Kyobe University

Odors of meat and potato stew cooked by the In-Cart cooking system were determined using the GC-MS system and compared with those from commonly used cook-serve systems.

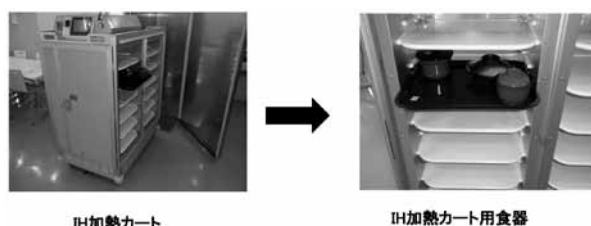
The sensory evaluation of these odors was carried out by 40 students. Odors of ingredients of the stew such as potato, carrot and onion were measured with GC-MS to determine the origin of the odors of the stew. Although GS-MS measurements showed that the odors of the stew from the cook-serve system was stronger than those from the In-Cart cooking system, the results of the sensory evaluation indicated that the odors of the In-Cart cooking system were stronger than those from the cook-serve system. The result was explainable by the fact that compounds with strong odors such as concentrations of sulfur-containing compounds and aldehydes were high with the In-Cart cooking system.

キーワード：インカートクッキングシステム，肉じゃが，食品のにおい，ガスクロマトグラフ
質量分析（GC-MS）

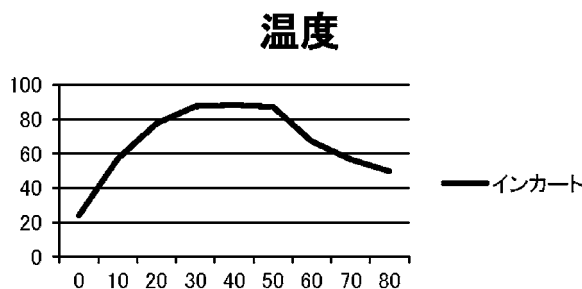
1. 緒 言

現在の給食産業の大量調理システムにおいて，大部分の施設がクックサーブシステム（通常の料理方法で行うこと．以下，クックサーブと記す．）を採用している．この方法では，下処理→加熱調理→温蔵保管→盛り付け→提供となり，加熱調理してから提供するまでの間に菌が入り込む可能性があり，食中毒等の危険性を避けるために，かなりの注意が必要である．これに比べて，食中毒の予防と作業工程の効率化を目的に開発された新しい給食システムのインカートクッキングシステム¹⁾（以下，インカートと記す．）では，下処理→盛り付け（蓋する）→加熱調理→提供となり，蓋をしたまま加熱調理し，そのまま提供するの

で，菌が入り込むことがほとんどない．また，従来型のクックサーブと異なり，食器単位で，加熱条件が異なるものを同時に“生”食材から調理できるのも特徴である．インカートのメリットとしては，①献立の栄養量と同じ食材料で個別調理するので，摂取栄養量を計画栄養量と同じにすることができ，また，これまでの大量調理では難しかった個別対応食についても，加熱条件が同じであれば栄養価や味の異なる食事でも提供でき，栄養管理面でも優れている．②個別調理が基本であるのに加え，加熱調理工程の自動化と最終工程化することで，盛付時の人的な二次汚染リスクが解消され，集団食中毒のリスクを軽減できる、の2点が挙げられる（図1）．



《図1 インカートクッキングシステム》



《図2 インカート方式の温度変化》

食べ物の“おいしさ”に食品のにおいの果たす役割は大きく^{2,4)} 特に高齢者は食欲が低下していることが多く、栄養不足になりがちなので、においで食欲を向上させることが必要である⁵⁾

本研究では食品の“におい”に焦点を絞り、クックサーブ、インカートそれぞれの調理法で料理(肉じゃが)を作成し、においをガスクロマトグラフ質量分析計^{6,9)}で分析し、比較検証することを目的とした。

2 方法

2.1 材料

調理加熱実験に用いた料理およびその材料は、表1に示したとおりである。

《表1》

材料(1人前)	重量(g)
うし 和牛肉 かたろース 脂身つき 生	35
じゃがいも 根茎 生	51
玉ねぎ りん茎 生	28
人参 根 皮むき 生	12
なたね油	1
車糖 上白糖	2
こいくちしょうゆ	8
清酒 上撰	2
さやえんどう 若ざや 生	5
水	25

2.2 調理方法

インカート方式では、電磁誘導加熱技術を応用したチルド庫対応再加熱IHカート(株式会社AGP製)およびIH加熱カート用食器(株式会社下村漆器店製)を使用した。このカートは1トレイあたり3点(主食、主菜、汁物)までを加熱でき、それぞれのメニューに応じて加熱時間、火力調節が可能で、すべての献立を同時刻に提供することが可能である。ここでインカート方式の際の温度変化を図2に示す。

クックサーブ方式では、鍋で肉と野菜を炒め、水を加えて中火にしだし汁、酒、砂糖を加え3分煮たのち、みりん、しょう油を加えて再び20分中火で煮た。

また、計測された臭気成分がどの食品に由来するものかを特定するために、「じゃがいも」「人参」「玉ねぎ」「肉」「しょう油」を使用し、それぞれの食材料単体を分析した。「じゃがいも」「人参」「玉ねぎ」に関しては、下茹(それぞれ15分、10分、8分)の後に測定を行った。

一方インカート方式では、主菜用の食器に「じゃがいも」「人参」「玉ねぎ」「肉」「しょう油」「砂糖」「だし汁」を規定量に盛り付け、蓋をした後、火力(中)及び加熱時間(40分)を設定し調理した。その後、クックサーブ同様にそれぞれの食材料単体を測定した。

2.3 におい化合物の分析

2.3.1 食品からのにおいの吸着

食品からのにおいの吸着は、吸着材をコーティングしたSPMEファイバー(スベルコ社)¹⁰⁾による固相マイクロ抽出法を用いた。

SPMEファイバーへのにおい化合物の吸着は、ホットプレートに100℃に設定し、100mL容量のビーカーを上において、ビーカーの中に約30gの食材を入れ、アルミホイルで蓋をして、中央に小さな穴を空けてSPMEの先端をビーカー内に差し込み、ファイバーを伸ばして15分間ににおい化合物を吸着させた。

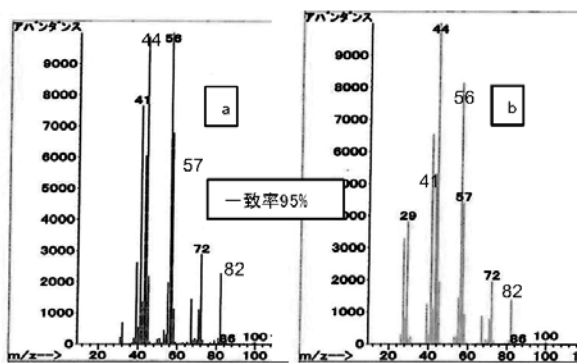
2.3.2 におい化合物の分析および同定

分析および同定は、ガスクロマトグラフ質量分析計(GC-MS:HP-6890とHP-5973,アジレント社)で行った。測定条件は次のとおりである。

ガスクロマトグラフの条件は“インジェクション:

260℃” “カラム:DB-WAX 30m × 0.250mm” “オープン温度: 40℃から 30℃ / 分の昇温速度で 320℃まで上げ, 320℃で 10 分間保持” “測定時間: 4-14 分” を行った。

GC-MS より得られたにおい化合物の GC により確認された各ピークの保持時間, およびそれぞれの MS 結果である。標準スペクトルとの相溶性 (一致率) が 80% 以上のものを採用した。例として, 図 3 に示すように, 保持時間 3.25 分のピークの化合物は 95% の一致率でヘキサナール ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{O}$) と同定した。



a 3.25分のピークのマススペクトル
b ヘキサナールのマススペクトル

《図3 マススペクトル 保持時間3.25分のピークと標準スペクトルのヘキサナール》

2.3.3 においの官能評価

クックサーブで調理した肉じゃがを A, インカートで調理した肉じゃがを B と表記してにおいの官能評価を行い, においの強度・好ましさに関するアンケートを実施した (対象人数 40 名 (年齢 19~20 歳, 女性, 大学生), 回答人数 40 名, 回収率 100%)。回答はエクセルを用いて集計した。

官能評価に使用したアンケート用紙を以下に示す。(図 4)

3 結果

3.1 「肉じゃが」の測定結果

クックサーブとインカートで調理した「肉じゃが」のにおいの強度の結果を図 5 に示した。

No. _____

樽井ゼミ 官能評価シート

平成26年11月26日(水)

・性別 (男・女)
・肉じゃがは好きですか (好き・嫌い)

A

匂いの強度

0 : 感じない
1 : 弱い
2 : ふつう
3 : 強い
4 : 強すぎる

匂いの快・不快度

-3 : 非常に不快
-2 : 不快
-1 : やや不快
0 : 快でも不快でもない
1 : やや快
2 : 快
3 : 非常に快

B

匂いの強度

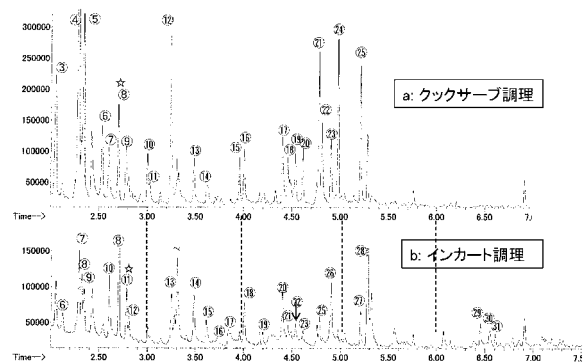
0 : 感じない
1 : 弱い
2 : ふつう
3 : 強い
4 : 強すぎる

匂いの快・不快度

-3 : 非常に不快
-2 : 不快
-1 : やや不快
0 : 快でも不快でもない
1 : やや快
2 : 快
3 : 非常に快

・AとBを比較してどちらの匂いが好ましいですか?
ご協力ありがとうございました。

《図4 アンケート調査用紙》



《図5 クックサーブとインカートで調理した肉じゃがのGCスペクトルa: クックサーブ調理 b: インカート調理》

図 5-a および図 5-b は, それぞれクックサーブおよびインカートで調理した肉じゃがの GC スペクトルである。クックサーブで調理した肉じゃがの方がグラフの振幅が大きく, 検出した物質が多く, クックサーブの肉じゃがの方が強いにおいであることが分かった。

クックサーブの分析で得られた化合物, 保持時間, 一致率および 3-メチル-1-ブタノールを 100 とした

相対強度を表2に示す。また、表2には、後で述べる各食材のにおい測定から得られた化合物の食品の由来についても示した。

3.2 食材料単体の測定結果

分析されたにおい化合物をどの食材由来のにおい化合物（or 成分）なのかを特定するために、下茹での

みを行った「じゃがいも」「人参」「玉ねぎ」を使用し、それぞれを分析した。結果は以下の通りで、肉じゃがのにおい成分から食材料単体で検出されたにおい成分と同様のにおい成分が検出された場合、それを食材料由来のにおい成分とした。表3-7に「じゃがいも」「人参」「玉ねぎ」「肉」「醤油」のにおい化合物の分析結果を示す。

《表2 肉じゃがのガスマス分析で得られたにおい化合物の保持時間、一致率、相対強度および由来》

保持時間	化合物	クックサーブ		インカート				
		一致率	相対比	一致率	相対比			
1.58	エタノール	①	90	2750	①	90	40000	醤油
1.65	アセトン	②	72	300	②	52	240	ジャガイモ
1.83	プロパノール				③	72	120	
2.05	プロパンチオール	③	87	100				
2.29	3-メチルブタノール	④	90	300	⑦	93	160	醤油
2.34	2-メチルブタノール	⑤	91	150	⑨	52	90	醤油ジャガイモ
2.6	3-ヒドロキシ-2-ブタノン	⑦	80	50	⑩	64	110	肉
2.78	3-メチル-1-ブタノール	⑧	78	100	⑪	80	100	醤油
2.81	2-メチル-1-ブタノール	⑨	86	70	⑫	81	60	醤油
	3-1-ペンタノール	⑩	90	50				
3.25	ヘキサノール	⑫	90	250	⑬	95	90	肉ジャガイモ
3.48	フルフラール	⑬	64	50	⑭	94	90	
3.61	フランメタノール	⑭	95	20	⑮	94	60	醤油
3.96	ヘプタノール	⑮	91	50				
	4-3-メチルチオプロパノール	⑯	93	50	⑰	78	80	醤油ジャガイモ
4.2	メチルプロピルジスルフィド				⑱	90	40	タマネギ
4.4	ベンズアルデヒド	⑰	96	60	⑲	38	100	
4.46	1-オクテン-3-オール	⑱	95	50	⑳	35	40	
4.54	2-ペンチルフラン	⑲	93	50	㉑	74	40	ジャガイモ
4.61	オクタノール	㉑	58	50	㉓	59	30	
4.81	リモネン	㉒	91	70				
4.9	ベンゼンアセトアルデヒド	㉒	91	50	㉔	74	100	
4.98	テルピネン	㉓	97	135				ニンジン
5.21	ノナノール	㉓	96	130	㉖	86	70	肉ジャガイモ
5.28	ジプロピルジスルフィド	㉔	95	50	㉘	91	300	タマネギ
6.45	ジプロピルトリスルフィド				㉙	87	50	タマネギ
6.6	コパエン				㉚	91	35	タマネギ

《表3 ジャガイモのにおい(c)》

化合物	保持時間	一致率
②アセトン	1.66	45
④2-メチルブタノール	2.35	64
⑥ジメチルジスルフィド	2.87	97
⑦ヘキサノール	3.25	97
⑧3-メチルチオプロパノール	4.01	95
⑨(2)-2-ヘプタノール	4.33	95
⑩ジメチルトリスルフィド	4.48	94
⑪2-ペンチルフラン	4.54	47
⑫ベンゼンアセトアルデヒド	4.91	58
⑬ノナノール	5.2	52

《表4 タマネギのにおい(d)》

化合物	保持時間	一致率
①2,3-ジメチルチオフェン	4.01	83
②メチルプロピルジスルフィド	4.2	76
③ジプロピルジスルフィド	5.28	87
④ジプロピルトリスルフィド	5.45	90
⑤酪酸ブチル	6.51	72
⑥コパエン	6.63	99
⑧ドデカノール	6.7	91
⑩カリオフィレン	6.83	95

《表5 ニンジンにおいて (e)》

化合物	保持時間	一致率
①p-シメン	4.78	97
②テルピネン	4.97	97
③酢酸ボルニル	6.21	96
④カリオフィレン	6.93	99

《表6 肉において (f)》

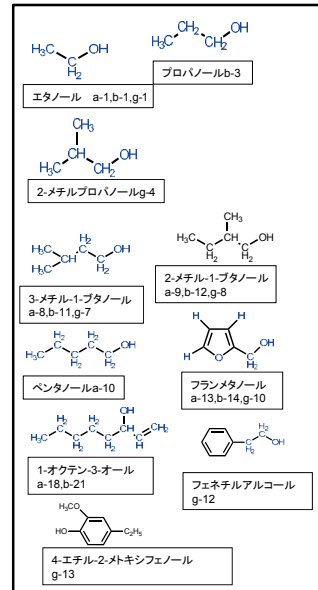
化合物	保持時間	一致率
①3-ヒドロキシ-2-ブタノン	2.24	90
②ヘキサナール	3.05	94
③2,5-ジメチルピラジン	3.97	87
④ウンデカン	4.22	93
⑤ノナール	4.29	96
⑥トリメチルピラジン	4.59	62
⑦ドデカン	5.36	90
⑧デカナール	5.42	81
⑨酪酸ブチル	6.52	83
⑩α-キューベベン	6.58	86
⑪テトラデカナール	6.70	95
⑫カリオフィレン	6.84	98

《表7 醤油において (g)》

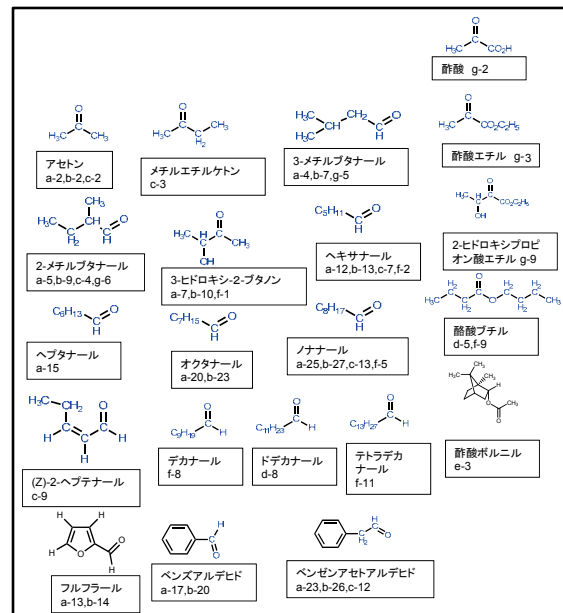
化合物	保持時間	一致率
①エタノール	1.58	90
②酢酸	1.96	90
③酢酸エチル	2.06	87
④2-メチルプロパノール	2.13	49
⑤3-メチルブタノール	2.29	87
⑥2-メチルブタノール	2.35	72
⑦3-メチル-1-ブタノール	2.79	90
⑧2-メチル-1-ブタノール	2.81	64
⑨2-ヒドロキシプロピオン酸エチル	3.32	78
⑩2-フランメタノール	3.60	94
⑪3-メチルチオプロパノール	4.00	46
⑫フェニルアルコール	5.30	90
⑬4-エチル-2-メトキシフェノール	6.13	87

クックサーブ (a), インカート (b), ジャガイモ (c), タマネギ (d), ニンジン (e), 肉 (f), および醤油 (g) で測定された化合物の化学構造式を図6に示す。

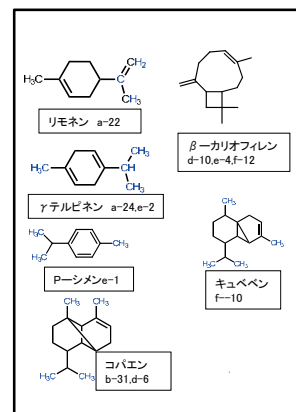
図6 測定された化合物の構造式 (アルコール (6-1), ケトン, アルデヒドおよびエステル (6-2), テルペン (6-3), イオウ化合物 (6-4))



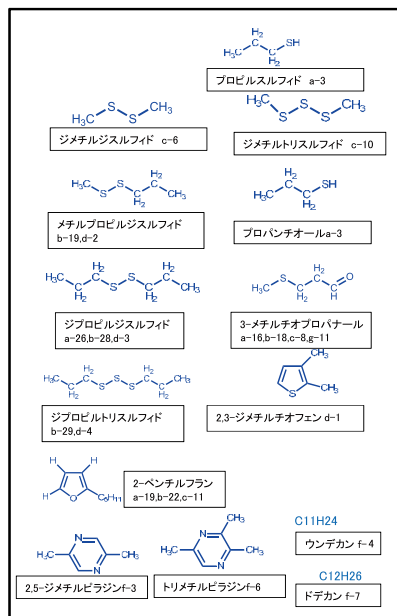
《図6-1 アルコール》



《図6-2 ケトン, アルデヒドおよびエステル》



《図6-3 テルペン》



《図6-4 イオウ化合物、その他》

3.2.1 ジャガイモ

下茹でのみを行ったじゃがいも単体を GC-MS で分析した。結果を表3に示す。じゃがいもでは、クックサーブ、インカート共にアセトン、2-メチルブタナール、ヘキサナール、3-メチルチオプロパナール、2ベンチルフラン、ノナナールなどの主としてアルデヒド類が検出された。

3.2.2 タマネギ

下茹でのみを行ったタマネギ単体を GC-MS で分析した。結果を表4に示す。特徴としてイオウ化合物が多く検出され、ジプロピルジスルフィド (a-26, b-28, d-3) はインカート、クックサーブ共に検出された。メチルプロピルジスルフィド、ジプロピルトリスルフィド、コパエンについてはインカートのみから検出された。

3.2.3 ニンジン

下茹でのみを行った人参単体を GC-MS で分析した。結果を表5に示す。クックサーブのみ人参由来の臭気成分であるテルピネン、β-カリオフィレンなどの香味化合物のテルペン類が検出された。

3.2.4 肉

下茹でのみを行った肉単体を GC-MS で分析した。結果を表6に示す。3-ヒドロキシ-2-ブタノン、ヘキサナール、ノナナールなどのアルデヒド類およびケトン類がインカート、クックサーブ共に検出された。

3.2.5 醤油

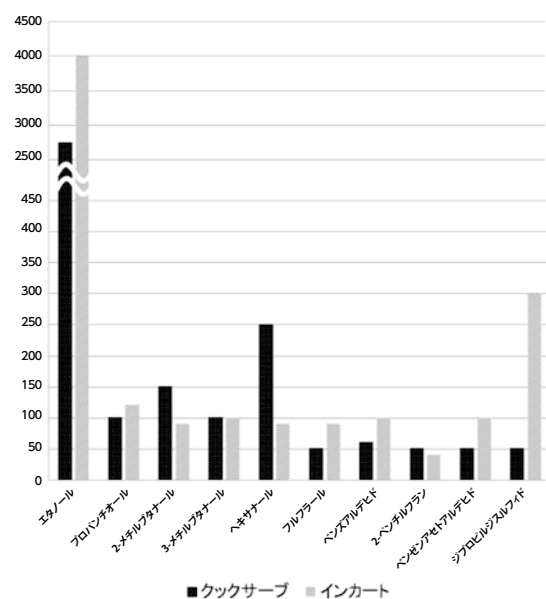
生の醤油を GC-MS で分析した。結果を表7に示す。エタノール、3-メチルブタナール、2-メチルブタナール、フランメタノール、3-メチルチオプロパナール、などのアルコール類およびアルデヒド類がインカート、クックサーブ共に検出された。

3.3 クックサーブとインカートの違い

クックサーブとインカートで検出された相対的な濃度の比較を図7に示した。

3-メチル-1ブタノールを100とし、他の化合物の相対的な濃度を比較した。

両者を比較した結果、エタノール、アセトン、3-メチルブタナール、ヘキサナールなど物質の沸点が低いもののほどクックサーブで高濃度に検出される傾向があり、フルフラール、ベンズアルデヒド、ベンゼンアセトアルデヒド、ジプロピルジスルフィドなど沸点が高いもののほどインカートで高濃度となる傾向にあっ



《図7 クックサーブとインカートで検出された相対的な濃度の比較》

た。また、脂肪族アルデヒドに関しては、沸点が比較的高いオクタナールやノナナールはクックサーブで高濃度に検出された。

3.4 においの官能評価 - 結果

(1) においの強度

アンケートの調査結果から、においの強度については、においの強度が同じだと答えた者は11名(27.5%)、クックサーブの方が強いと答えた者は、10名(25.0%)、インカートの方が強いと答えた者は、19名(47.5%)であった。

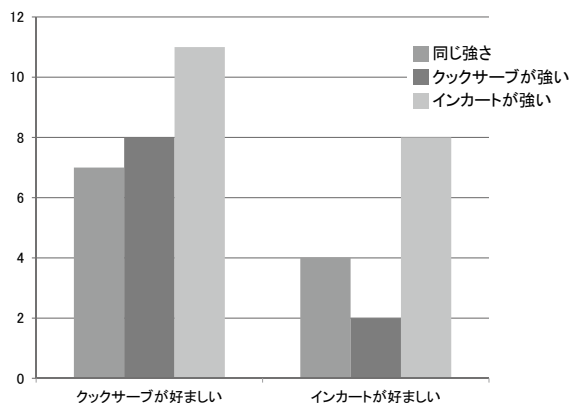
(2) においの好ましさ

においの好ましさについては、クックサーブの方が好ましいと答えた者は、26名(65.0%)、インカートの方が好ましいと答えた者は、14名(35.0%)であった。

(3) においの強度と好ましさの関連性

においの強度と好ましさの関連性(図8)についてはインカートの方が強いと答えた者が多く、においの好ましさについては、クックサーブの方が良いと答えた者が多かったが、これは、必ずしも強いにおいが好ましいにおいであるとは限らないことを示している。

	同じ強さ	クックサーブが強い	インカートが強い
クックサーブが好ましい	7	8	11
インカートが好ましい	4	2	8



《図8 においの強度と好ましさの関連性》

4 考察

インカートは専用の食器およびトレイと専用IHカートを組み合わせ、レシピソフトと加熱プログラムをパッケージした食事提供システムで、トレイに食材を盛り付けた主食・主菜・汁物のIH専用食器をのせ、そのトレイをIHフードカートに差し込み、3点同時に自動加熱調理する方法である。インカート方式では、蓋をしたままの食器ごと100℃近くで加熱するため、食中毒菌、ノロウイルスまで死滅させることが可能となる。細菌繁殖のリスクが低減されるのが特徴であり、病院食や介護食に向いていると考えられる。

においは食欲と密接な関係があり、好ましいにおいは交感神経を静めて気分を和らげ食欲を増進させ、逆に悪臭は精神的なストレスとなって交感神経を緊張させ食欲を低下させることが知られている。病院食や介護食は一般に食欲が少ない人たちに提供する食事であり、食欲をそえられる必要がある。しかし、インカート方式は開発されたばかりで、まだ、においに関しては研究されていない。

今回はインカート方式で調理した食品のにおいを通常のクックサーブ方式で調理した食品のにおいと比較した。GC-MSによるにおい強度の測定では、保持時間が5分以下では、インカートと比較して、クックサーブの方がにおい化合物が強く検出され、高沸点化合物(保持時間が5分以降に検出された化合物)はインカートの方が強く検出された(図5)。このことから、インカートによる食品ではクックサーブと比較すると、エタノールや低分子アルデヒドなどの低沸点化合物のにおいが少なく、ベンゼン環を持つアルデヒドやイオウ分子を多く含む化合物などの高沸点化合物のにおいが多いことが分かった。

においの官能評価では、インカートのほうが強いにおいであると答えた割合が高く(インカート47%、クックサーブ25%)、矛盾した結果となった。この原因として、人にとって刺激を感じやすい臭気成分がインカートの肉じゃがに多く含有していたのではないかと考えられる。食品に含まれる各化合物のにおいの強度は大きく異なるので、化合物の含有量だけでは比較できない。例えば、においを有する化合物は強烈ににおいをするものが多く、臭気強度と特定悪臭物質の濃

度関係では、同じ濃度のにおい強度は、化合物により大きく異なる(11)。従って、異臭の原因物質の探索にはGC-MSのみでは不十分であり、検出されたピーク面積の大きい化合物が直接的な異臭の原因物質であると断定出来ない。においは、多成分の複合臭気で構成されることが多く、成分それぞれに知覚可能な閾値が存在している。そのため、成分の定量結果に閾値を加味することで、存在比率ではわずかな物質が、においの主体となる場合がある。本研究結果では、インカートとクックサーブを比較してインカートの肉じゃがにスルフィド類(硫黄原子1つ)、ジスルフィド類(硫黄原子2つ)やトリスルフィド類(硫黄原子3つ)が多く検出された。スルフィド類である3-メチルチオプロパナール(a-16, b-18, c-8)はジャガイモに由来するにおいで、クックサーブとインカート共に同じくらいの絶対強度で検出された。ジプロピルジスルフィド(タマネギのにおい)はクックサーブ(強度100)よりインカート(クックサーブに対する相対強度300)の方が強く検出され、ジプロピルトリスルフィド(タマネギのにおい)はインカートのみで検出された。スルフィド類は玉ねぎに多く含有する臭気成分であり、一般的に刺激を感じやすいとされている。

GC-MSの結果から、クックサーブとインカートで検出されたにおい化合物の濃度に上記のような差が生じることが分かった。この原因としては、加熱による温度上昇の違いが考えられる。クックサーブの温度上昇は比較的早く、対してインカートの温度上昇は緩やかである(図9)。この違いにより、調理中に発生し

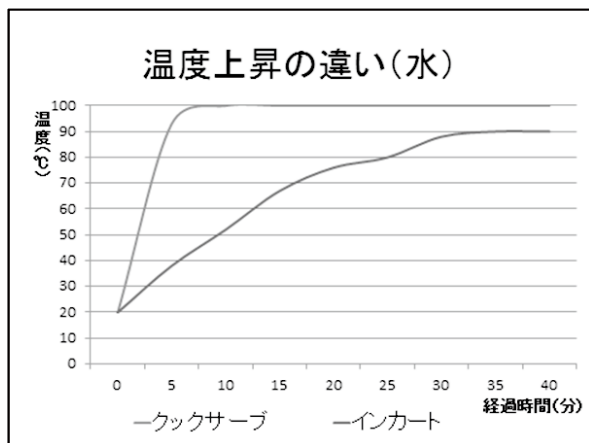
たにおい化合物が分解、もしくは、食材からにおい化合物が発生しなかったなどの差異が生じたと考えられる。

においの強度と好ましさの関連性について検討した結果、臭気官能試験法において、インカートのにおいが強いと答えた人が多く、クックサーブのにおいが好ましいと答えた人が多い結果が得られた。人の嗅覚には幅があり、弱いにおいでも敏感に感じる人や、良いにおいであっても、強すぎると不快に感じる場合もある。よって、必ずしも強いにおいが好ましいにおいであるとは限らないことが分かった。このことから、“においの好ましさ”はにおい強度の他に、検出された臭気成分の種類が大きく関わっていると考えられる。先程インカートで調理した肉じゃがの臭気成分にスルフィド類が多く含まれていると述べたが、スルフィド類は特有の臭気があり、おおむね悪臭である。よって、このような結果となったと考えられる。

今回の実験の結果は、インカート方式の方が好ましくないにおいであった。しかしながら、インカート方式は温度設定の変更が容易であり、イオウ化合物をにおいとして出さない方法も可能であると考えられる。また、クックサーブでは蓋をせず、高温で加熱するために、イオウ化合物が蒸発したものと考えられるので、前処理として、短時間タマネギとジャガイモを炒めてイオウ化合物を飛ばしてしまう方法も考えられる。今後、様々な方法でインカート方式のにおいを好ましいものにする研究が必要と考えられる。

和文要約

ガスクロマトグラフ質量分析(GC-MS)を用いて、インカートクッキングシステムで調理した肉じゃがのにおいを通常使われているクックサーブシステムで調理したにおいと比較した。また、両調理法によるにおいの強度および好ましさについて40人による官能評価のアンケートを行なった。さらに、肉じゃがの素材であるジャガイモ、ニンジンおよびタマネギのにおいを測定し、肉じゃがのにおいと比較し、どの食品に由来するかを検討した。GC-MS測定ではクックサーブの方がにおい強度が強く高かったが、官能評価ではインカートの方が強い結果となった。



《図9 クックサーブとインカートの温度上昇》

以上の研究結果より、調理システムの違いは、食品のにおいへ影響を与えることが明らかになった。

5 参考文献

- (1) 株式会社食域改良研究所
<http://www.syokuiki.co.jp/incart/> (2015)
- (2) おいしさを科学する
http://www.nissui.co.jp/academy/taste/07/taste_vol07.pdf
- (3) 澁谷達明/市川真澄 (2007)『においと香りの科学』朝倉書店 p188
- (4) [食べ物] 香り百科事典 (2006) 日本香料協会 編 p696
- (5) 神山かおる「咀嚼・嚥下困難者向け食品の品質評価」
http://www.jba.or.jp/pc/activitie/130903_miraibio_kohyama.pdf
- (6) 川崎智加「文系の科学 ―GC-MSで簡単質量分析―」仁愛大学人間生活学部子供教育学科卒論 (2012)
- (7) 質量分析計の部屋
<http://cent-scorpio.asahikawa-med.ac.jp/akutsu/mass/gc-ms/> (2014)
- (8) 株式会社ラウンドサイエンス「初心者のためのガスクロ講座」(2014)
<http://www.rs-inc.co.jp/side/study00.html>
- (9) 株式会社島津テクノリサーチ
<http://www.shimadzu-techno.co.jp/annai/s05.html> (2015)
- (10) Sigma-Aldrich「SPMEの構成」(2014)
<http://www.sigmaaldrich.com/japan/analytical-chromatography/sample-preparation/spme.html>
- (11) 臭気強度と特定悪臭物質の濃度関係.
<http://www.city.gifu.lg.jp/secure/6588/kankei.pdf>

